



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200810117929.7

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 100562827C

[22] 申请日 2008.8.15

[21] 申请号 200810117929.7

[73] 专利权人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街五号

[72] 发明人 王 涛 胡艳萍 彭光正 香川利春

[56] 参考文献

CN1371493A 2002.9.25

JP2002-175121A 2002.6.21

JP9-160656A 1997.6.20

WO2006/054146A1 2006.5.26

审查员 马 锯

[74] 专利代理机构 北京理工大学专利中心

代理人 张利萍

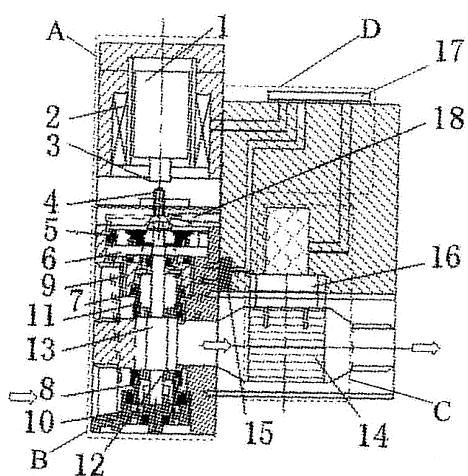
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

## [54] 发明名称

带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器

## [57] 摘要

本发明涉及一种压力调节器，特别涉及一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器，属于机电一体化中的自动控制领域。本发明包括音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A、主阀 B、流量测量结构 C 和电路控制部分 D 四部分。外部输入电气设定信号为电压或电流信号，设定信号和实际输出的压力信号同时进入电路控制部分 D，通过信号比较、运算放大后，其输出的电压或电流信号输出到音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 中的音圈电机，从而改变喷嘴与挡板间的距离，通过喷嘴与挡板间的距离的变化来调节主阀 B 的控制端的压力。主阀 B 的控制端连接层流式流量测量机构 C。本发明具有高精度快速调压和精确双向流量测量的功能。



1、一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器，包括音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A、主阀 B、流量测量机构 C 和电路控制部分 D 四部分，其特征在于：

音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 包括音圈电动机动子（1）、音圈电机定子（2）、挡板（3）、喷嘴（4）；音圈电动机动子（1）的输出轴与挡板（3）连接，挡板（3）位于喷嘴（4）的正上方，音圈电机中的线圈和磁场作用产生的力转换为连接在音圈电动机动子（1）上的输出轴上的输出量，该输出量驱动连接在输出轴上的挡板（3）作直线的往复运动，挡板（3）与喷嘴（4）之间的距离能从零变化到最大值，通过喷嘴（4）与挡板（3）间的距离的变化来调节主阀 B 的控制端的压力；

主阀 B 包括主阀活塞、溢流提升阀弹簧、正向流提升阀弹簧、溢流提升阀阀套、正向流提升阀阀套、溢流提升阀阀座、正向流提升阀阀座、主阀芯轴和可调节流器，压缩空气进入主阀 B 的进口端后通过一支路中的可调节流器进入喷嘴下端的背压腔后经过喷嘴和挡板间形成的缝隙排到大气中；

流量测量机构 C 包含层流式流路元件（14）和差压传感器（16），层流式流路元件（14）采用多根纤细钢管并联组合构成一个层流式流量测量机构，连接在主阀 B 的控制端，通过差压传感器（16）测量多根纤细钢管两端的压力差，根据公式  $Q = k\Delta P$  求出从主阀 B 的控制端流入或流出的流量，能够实现双向流量的测量，其中 Q：气体体积流量，k：转换系数， $\Delta P$ ：多根纤细钢管两端的压力差，流量测量机构 C 连接在主阀 B 的控制端；

外部输入电气设定信号为电压或电流信号，外部输入电气设定信号和由设置在主阀 B 的控制端的压力传感器（15）测得的输出信号同时进入电路控制部分 D，通过信号比较、运算放大后，电路控制部分 D 输出的电压或电流信号输出到音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 中的音圈电机，从而改变喷嘴（4）与挡板（3）间的距离。

2、如权利要求 1 所述的一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器，其特征在于：挡板（3）与喷嘴（4）之间距离的最大值是根据音圈电动机动子移动的最大距离而定。

## 带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器

### 技术领域

本发明涉及一种压力调节器，特别涉及一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器，属于机电一体化中的自动控制领域。该调节器用于实现快速电气控制调节气体压力的同时准确测量压力调节器的出口控制端进出的流量。

### 背景技术

气动压力调节器是气压传动及控制系统中用于调节和稳定气体压力的元器件。伴随着电子和机械技术的迅速发展，在对气动元件的自动流量特性检测和快速压力调节上需要具有电气连续控制、大溢流功能、进出双向流量快速测量机能的压力调节器。

当前测量气动减压阀的压力流量特性的方法，主要是参考国际标准（ISO6953-2:2000：Pneumatic fluid power. Compressed air pressure regulators and filter-regulators. Test methods to determine the main characteristics to be included in literature from suppliers. 气动减压阀和过滤减压阀. 第 2 部分：评定商务文件中应包含的主要特性的测试方法，2000）和国家标准（JB/T7376-1994（2005 年复审）：气动空气减压阀技术条件），将正向流动状态的流量特性和溢流状态的流量特性分别利用两套测试装置和测试回路进行测量。在测量正向流动状态的流量特性时，压缩空气经过被测减压阀的供气口和控制口，流经可变节流器和流量计排向大气，通过调节被测减压阀控制端节流器的大小设定负载流量同时测量相应的被测减压阀控制端压力从而绘制正向压力-流量特性曲线；在测量溢流流动状态的流量特性时，压缩空气经过在被测减压阀控制侧设置的压力设定用减压阀的供气口和控制口流过流量计进入被测减压阀的控制口后从溢流口排向大气，通过调节控制侧减压阀设定的压力同时测量相应的被测减压阀控制端流量从而绘制溢流向压力-流量特性曲线。测试回路复杂，不易实现测试的自动化，测试效率低，空气消耗量大。目前一种测试效率高，空气消耗量少的测试方法已经被提出（无间隔测定气动减压阀流量特性的方法，专利受理号：200810057091.7）。即在被测减压阀的控

制端依次连接一个具有双向流量测量的流量计和一个具有大溢流无转换死区的压力调节阀，通过设定压力调节阀从大气压到供给压力范围内变化可连续测得被测阀的压力-流量特性。因此在控制端具有流量双向测量功能的电气控制气动压力调节器的开发有利于对该方法的进一步普及。

另外，气动伺服系统中为提高压力设定的响应，作为控制手段，在利用电/气压力控制阀进行压力控制的同时，流入出控制对象的流量信号加入到控制系统中可以有效的提高系统的响应性能。将压力调节机构和流量测量机构进行复合是实现压力控制的精密性和快速性的有效手段。

传统的电气控制压力调节器存在如下缺点：

- 1) 电气驱动机构多采用力（力矩）马达或高速开关阀的 PWM 控制形式，力（力矩）马达存在功耗大、响应慢、体积相对较大的缺点，很难实现高响应节能的要求；高速开关阀的 PWM 控制形式会产生一定的输出压力脉动。
- 2) 从压力调节器流入流出的气体流量一般是用外部流量计来测量，与压力调节器集成在一起能够在承压下进行双向快速测量的机构还没有。
- 3) 能够对压力传感器的电气信号和流量的信号进行采集，算法计算，对音圈电机驱动的电路控制器缺乏。

气动压力调节器是气压传动及控制系统中用于调节和稳定气体压力的元器件。伴随着电子和机械技术的迅速发展，在对气动元件的自动流量特性检测和快速压力调节上需要具有电气连续控制、大溢流功能、进出双向流量快速测量机能的压力调节器。

## 发明内容

本发明要解决的技术问题是针对现有电气控制压力调节器存在的缺点，提供一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器。

为解决上述技术问题，本发明采取下列手段：

- 1) 音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 包括音圈电动子、音圈电机定子、挡板、喷嘴。音圈电动子的输出轴与挡板连接，挡板位于喷嘴的正上方，音圈电机中的线圈和磁场作用产生的力转换为连接在音圈电动子上的输出轴上的输出量，该输出量驱动连接在输出轴上的挡板作直线的往复运动，挡板与喷

嘴之间的距离能从零变化到最大值，通过喷嘴与挡板间的距离的变化来调节主阀 B 的控制端的压力；

2) 流量测量机构 C 包含层流式流路元件和差压传感器，层流式流路元件采用多根纤细钢管并联组合构成一个层流式流量测量机构，通过差压传感器测量层流纤细管两端的压力差，根据公式  $Q=k\Delta P$  求出从压力调节器的控制端流入或流出的流量，能够实现双向流量的测量，流量测量结构 C 连接在主阀 B 的控制端；

3) 外部输入电气设定信号为电压或电流信号，设定信号和实际输出的压力信号同时进入电路控制部分 D，通过信号比较、运算放大后，其输出的电压或电流信号输出到音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 中的音圈电机，从而改变喷嘴与挡板间的距离。

采用上述结构，本发明实现快速电气控制调节压力的同时准确测量压力控制端的流量，压力调节器和快速双向流量测量元件结合而成的新型控制元件在伺服系统的设计和控制上可以提供同时具有高精度调压和流量测量的功能。

本发明的技术方案具体实现如下：

本发明的一种带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器，如图 1 所示，它包括音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A、主阀 B、流量测量结构 C 和电路控制部分 D。

压力调节流程如图 2 所示。带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器的外部输入电气设定信号为电压或电流信号，信号进入电路控制部分 D 的电路控制器，电路控制部分包含电路控制器和压力传感器，压力传感器设置在主阀 B 的控制端，压力传感器的输出信号进入一个带有微处理器的电路控制器，在带有微处理器的电路控制器中将实际输出的压力信号和通过外部设定的信号进行比较后，在带有微处理器的电路控制器中利用数学控制算法进行运算放大，其结果（电压或电流）输出到音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 中的音圈电机，音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 包括音圈电动子、音圈电机定子、挡板、喷嘴，音圈电动子的输出轴与挡板连接，挡板位于喷嘴的正上方，挡板与喷嘴之间的距离从零到最大值，挡板与喷嘴之间距离的最大值是根据音圈电动子移动的最大距离而定。其工作原理是依据安培定律，通电导体放在磁场

中，就会产生力，力的大小取决于磁场强弱、输入电流、以及磁场和电流的方向。有电流或电压信号输入时，音圈电机中的线圈和磁场作用产生的力转换为连接在音圈电动机子上输出轴的输出量，该输出量驱动连接在输出轴上的挡板作直线的往复运动，从而改变喷嘴与挡板间的距离。

通过喷嘴与挡板间的距离的变化来调节主阀 B 的控制端的压力。主阀 B 包括主阀活塞、溢流提升阀弹簧、正向流提升阀弹簧、溢流提升阀阀套、正向流提升阀阀套、溢流提升阀阀座、正向流提升阀阀座、主阀芯轴和可调节流器。其压力调节原理是：压缩空气进入主阀 B 的进口端后通过一支路中的可调节流器进入喷嘴下端的背压腔后经过喷嘴和挡板间形成的缝隙排到大气中。由于挡板的位移变化改变喷嘴与挡板间的距离，从而使喷嘴下端背压腔的压力产生，该压力作用于主阀结构中活塞的上表面，当作用在活塞上表面的力大于正向提升阀弹簧所产生的向上作用的力时，通过主阀芯轴向下的移动，正向流提升阀阀套与正向流提升阀阀座之间开口打开，压缩空气流向主阀 B 的出口产生控制压力；当出口压力小于设定压力时，带有微处理器的电路控制器调节输出给音圈电机的控制信号，使挡板下移减小喷嘴与挡板间的距离，从而增大背压腔的压力，主阀活塞下移，正向流提升阀阀套与正向流提升阀阀座之间开口加大，流过出口端流量增加使出口压力上升重新达到设定压力；当出口压力大于设定压力时，带有微处理器的电路控制器调节输出给音圈电机的控制信号使挡板上移增大喷嘴与挡板间的距离从而减小背压腔的压力，活塞上移，通过主阀芯轴移动，正向流提升阀阀套与正向流提升阀阀座之间开口开度减少直至关闭后溢流提升阀阀套与溢流提升阀阀座之间开口打开，出口处压缩空气从溢流提升阀阀套与溢流提升阀阀座之间开口迅速排气，实现溢流，使出口处压力降重新达到设定压力。由于主阀 B 为提升式结构，进气和排气为对称性结构，能实现正向流和溢流的大流量且无转换死区。

主阀 B 控制端的进出流量的测量机能是通过流量测量机构 C 来实现的。流量测量机构 C 包含层流式流路元件和差压传感器，层流式流路元件采用多根纤细钢管并联组合构成一个层流式流量测量机构，连接在主阀 B 的控制端，通过差压传感器测量层流纤细管两端的压力差，根据公式  $Q=k\Delta P$ ，其中 Q 为气体体积流量； $\Delta P$  为差压；k 为转换系数，求出从压力调节器的控制端流入或流出的

流量，能够实现双向流量的测量。

由于采用了上述技术方案，本发明具有如下优点和效果，本发明提供带有大溢流的并能够实现快速的调节压力，具有压力传感器反馈功能，使压力调节更加精确的压力调节器。同时在不需要单独加流量计的情况下进行双向流量测量机能的新型元件，这一元件提供同时具有高精度调压和流量测量的功能。应用在气动减压阀的压力-流量特性测试试验时，能够简化测试装置，缩短测试时间，提高测试精度，节约用气量；应用在压力伺服控制系统中时，通过流量反馈的串级控制，易于实现控制的快速性和稳定性。

## 附图说明

图 1 为带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器机构示意图；

图 2 为带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器工作原理框图；

图中：A-音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构、B-主阀、C-流量测量机构、D-电路控制部分、1-音圈电动机子、2-音圈电机定子、3-挡板、4-喷嘴、5-主阀活塞、6-背压腔、7-溢流提升阀弹簧、8-正向流提升阀弹簧、9-溢流提升阀阀套、10-正向流提升阀阀套、11-溢流提升阀阀座、12-正向提升阀阀座、13-主阀芯轴、14-层流式流路元件、15-压力传感器、16-差压传感器、17-带微处理器的电路控制器、18-可调节流器。

## 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

如图 1 所示，作为实施例，本发明带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器中主要结构和工作方式如下。

带有流量测量机能的电气控制气体压力调节器的外部输入电气设定信号为电压或电流信号，1~5V 的输入设定信号进入压力调节器内电路控制部分 D 的带微处理器的电路控制器 17，电路控制部分 D 包含带微处理器的电路控制器 17 和压力传感器 15，压力传感器 15 设置在主阀 B 的控制端，其测量范围是 0~1MPa，输出信号是 1~5V。压力传感器 15 的输出信号进入一个带有微处理器的电子电路控制器 17，在带有微处理器的电路控制器 17 中将实际输出的压力信

号和通过外部设定的信号进行比较后，在电路控制器利用数学控制算法进行运算放大，其结果（电压或电流）输出到音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 中的音圈电机，音圈电机驱动挡板式喷嘴挡板结构 A 包含音圈电动机子 1、音圈电机定子 2、挡板 3、喷嘴 4，音圈电动机子 1 的输出轴与挡板 3 连接，挡板 3 位于喷嘴 4 的正上方，喷嘴 4 直径为 1mm。挡板 3 与喷嘴 4 之间的距离从零到最大值，挡板 3 与喷嘴 4 之间距离的最大值是根据音圈电动机子移动的最大距离而定。其工作原理是依据安培定律，通电导体放在磁场中，就会产生力，力的大小取决于磁场强弱、电流、以及磁场和电流的方向。有电流或电压信号输入时，音圈电机中的线圈和磁场作用产生的力转换为连接在音圈动子 1 上的轴的输出量从而驱动连接在轴上的挡板 3 作直线的往复运动，喷嘴 4 与挡板 3 间的距离从 0 到 2mm 之间变化。

通过喷嘴 4 与挡板 3 间的距离的变化来调节主阀 B 的控制端的压力。主阀 B 包括主阀活塞 5、溢流提升阀弹簧 7、正向流提升阀弹簧 8、溢流提升阀阀套 9、正向流提升阀阀套 10、溢流提升阀阀座 11、正向流提升阀阀座 12、主阀芯轴 13 和可调节流器 18。其压力调节原理是：压缩空气进入主阀 B 的进口端后通过一支路中的直径为 1mm 的可调节流器 18 进入喷嘴 4 下端的背压腔 6 后经过喷嘴 4 和挡板 3 间形成的缝隙排到大气中。由于挡板 3 的位移变化改变喷嘴 4 与挡板 3 间的距离，从而使喷嘴 4 下端背压腔 6 的压力产生，该压力作用于主阀结构中主阀活塞 5 的上表面，主阀活塞 5 的直径为 25mm。当作用在活塞 5 上表面的力大于弹性系数为 100N/m 的正向流提升阀弹簧 8 所产生的向上作用的力时，通过主阀芯轴 13 向下的移动，正向流提升阀阀套 10 与正向流提升阀阀座 12 之间开口打开，正向流提升阀阀座直径为 10mm，最大开口距离为 5mm。压缩空气流向压力调节器的出口产生控制压力；当出口压力小于设定压力时，带有微处理器的电路控制器 17 调节输出给音圈电机的控制信号使挡板 3 下移减小喷嘴 4 与挡板 3 间的距离从而增大背压腔 6 的压力，主阀活塞 5 下移，正向流提升阀阀套 10 与正向流提升阀阀座 12 之间开口加大，流过出口端流量增加使出口压力上升重新达到设定压力；当出口压力大于设定压力时，带有微处理器的电路控制器 17 调节输出给音圈电机的控制信号使挡板 3 上移增大喷嘴 4 与挡板 3 间的距离从而减小背压腔 6 的压力，主阀活塞 5 上移，通过主阀芯轴 13 移动，

正向流提升阀阀套 10 与正向流提升阀阀座 12 之间开口开度减少直至关闭后溢流提升阀阀套 9 与溢流提升阀阀座 11 之间开口打开，出口处压缩空气从溢流提升阀阀套 9 与溢流提升阀阀座 11 之间开口迅速排气，实现溢流，使出口处压力降重新达到设定压力。由于主阀 B 为提升式结构，进气和排气为对称性结构，能实现正向流和溢流的大流量且无转换死区。

主阀 B 的控制端的进出流量的测量机能是通过流量测量机构 C 来实现的。流量测量机构 C 包含层流式流路元件 14 和差压传感器 16，差压传感器 16 的测量范围是-500~500kPa，输出信号为 0.5~4.5V。层流式流路元件 14 采用多根纤细钢管并联组合构成一个层流式流量测量机构，连接在主阀 B 的控制端，通过差压传感器 16 测量层流式流路元件 14 两端的压力差，根据公式  $Q=k\Delta P$ ，其中 Q 为气体体积流量； $\Delta P$  为差压；k 为转换系数，求出从压力调节器的控制端流入或流出的流量，流量的范围为-500~500NL/min，从而能够实现双向流量的测量。

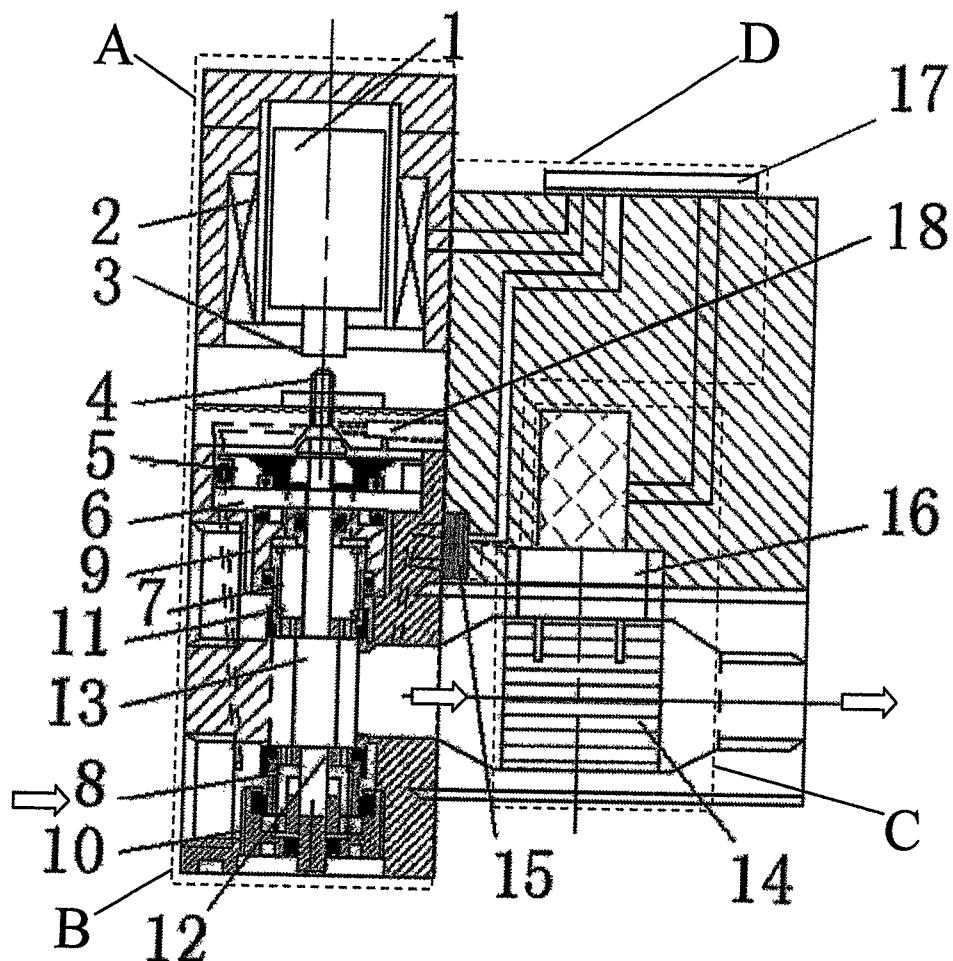


图 1

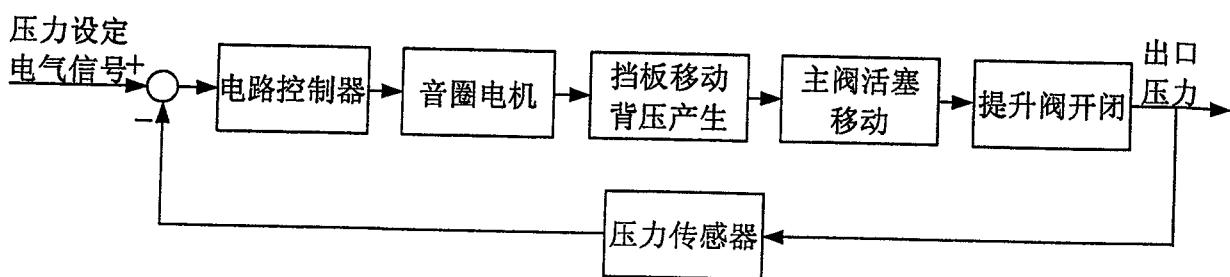


图 2